6

NOTICE

SUR LES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. GARIEL



PARIS
IMPRIMERIE ÉMILE MARTINET
HÔTEL MIGNON, RUE MIGNON, 2

1882

GRADES UNIVERSITAIRES

FONCTIONS

Elève de l'École polytechnique (1861-1863).
Elève ingénieur des ponts et chaussées (1863-1866).
Ingénieur des ponts et chaussées (1866).
Professeur de physique à l'École des ponts et chaussées (cours préparatoires) (1875).

Licencié ès sciences physiques (1863).
Docteur en médecine (1869).
Agrégé de physique à la Faculté de médecine, concours de 1869 (1871-1877).

Chargé du cours de physique à la Faculté de médecine de Paris (1878 à 1882).

Secrétaire général du Conseil de l'Association française pour l'avancement des sciences, depuis la fondation (1872).

Officier d'Académie (1880).
Chevalier de la Légion d'honneur (1880).
Chevalier de l'ordre de la Couronne royale d'Italie (1882).

Membre honoraire de la Société pour l'avancement des sciences naturelles, de la médecine et de la chirurgie, d'Amsterdam.

Membre correspondant de la « British Association for the advancement of Science. »



PHYSIQUE MÉDICALE

Sur l'ophthalmoscope.

(Thése de doctorat, 5 avril 1869.)

Théorie physique de l'audition.

(Thèse de concours d'agrégation, 1869.)

Nouveaux éléments de physique médicale (1 vol. in-8°, Paris, Savy, 1870).

En collaboralion avec M. Desplats, agrégé de la Faculté de médecine.

Application de la spectroscopie à l'analyse des eaux minérales. — Recherches spéciales sur les eaux de Vals (source Madeleine), démontrant la présence du potassium et du lithium.

(Note présentée à l'Académie de médecine, le 23 décembre 1872 ; *Gazette hebdomadaire*, 10 janvier 1873.)

Dans cette note, sans insister sur la valeur de la spectroscopie comme méthode analytique, nous avons tenu à signaler la simplicité des procédés à employer et la précision sur laquelle on peut compter méme avec des appareils peu compliqués. Nous avons indiqué avec quelques détails la marche que nous avions suivie pour rechercher la présence des métaux alcalins dans des résidus provenant d'eaux minérales qui avaient été mis à notre disposition. Cette méthode est devenue usuelle maintenant, elle ne l'était pas alors.

Nous avons pu reconnaître avec certitude, dans les résidus provenant des eaux de Vals (source Madeleine), l'existence des métaux suivants :

Sodium, potassium, *lithium* et calcium.

Distribution du magnétisme dans les aimants. — Etude des champs magnétiques.

(Association française pour l'avancement des sciences : *Compte rendu du Congrès de Bordeaux*, 1872, p. 336; *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1873, t. LXXV, p. 1761.)

J'ai étudié, à l'aide d'une méthode spéciale, la distribution du magnétisme dans les aimants, ou, d'une manière plus générale, la constitution des champs magnétiques. Je n'ai pas cherché de valeurs absolues, bien que, par certaines modifications, la méthode puisse s'y prêter, et j'ai déterminé seulement des intensités relatives.

La méthode que j'ai employée consiste à étudier l'intensité du courant d'induction produit dans une petite *bobine d'épreuve* qui se meut dans un champ magnétique qui n'est pas uniforme. La bobine d'épreuve était constituée par un noyau de sept fils de fer doux bien recuit et entourée d'un fil de cuivre d'un faible diamètre, isolé, et de 7 mètres de longueur environ. Cette bobine était mobile à l'extrémité d'un long levier, et pouvait se retourner sur elle-même. Elle faisait partie d'un circuit comprenant, entre autres pièces, un galvanomètre à réflexion dont les déviations initiales donnaient l'indication de l'intensité du courant développé. Par l'emploi d'un commutateur à mercure de construction spéciale, dans laquelle j'avais évité les contacts dissymétriques de métaux hétérogènes, le courant pouvait passer dans le galvanomètre successivement dans l'un et l'autre sens.

Pour faire une mesure, la bobine était amenée au point dont je voulais déterminer l'intensité magnétique, et le galvanomètre était réduit au zéro. La bobine était rapidement écartée, d'un mouvement aussi régulier que possible; l'aiguille du galvanomètre était déviée, et je notais la valeur de la déviation. Pour éviter toutes les causes d'erreur, j'effectuais tous les retournements possibles, tant pour la bobine que pour le galvanomètre, ce qui faisait huit lectures pour chaque point. En opérant de même pour d'autres points, on obtenait d'autres déviations.

Comme moyen de contrôle, j'avais disposé dans le circuit une bobine creuse à l'intérieur de laquelle pouvait se mouvoir, toujours de la même quantité, un barreau aimanté. En le déplaçant, il produisait une déviation dans le galvanomètre, et cette déviation devait être constante : c'était là un moyen de

contrôle. On aura une idée de la précision des renseignements qu'il fournit en disant qu'il donnait en moyenne une déviation de l'image lumineuse de 80 millimètres environ, et que les différences n'atteignaient pas 1 millimètre.

La bobine d'épreuve était montée sur un chariot que l'on pouvait déplacer de manière à mesurer avec exactitude les déplacements. On pouvait ainsi explorer successivement les divers points du champ magnétique.

J'ai étudié à l'aide de cet appareil la distribution normale du magnétisme dans des barreaux de formes et de dimensions diverses; les modificatio n survenues dans cette distribution par l'approche, jusqu'au contact, d'un fer doux, ou par le voisiuage d'un autre aimant, etc.

Entre autres résultats qui montrent la sensibilité du procédé, nous avons reconnu que la *distribution magnétique d'un aimant placé dans le méridien magnétique varie si on retourne l'aimant bout pour bout.* Ce résultat est conforme aux prévisions théoriques; il est intéressant de voir qu'il est possible de le mettre en évidence expérimentalement.

Radiations.

(Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales. — 1874.)

Un faisceau solaire dont nous avons, en général, la première notion, par la sensation lumineuse qu'il fait naître en nous, produit en même temps des effets divers; d'une part, il produit une sensatiou différente, celle de la chaleur; mais, d'autre part, il donne naissance à divers phénomènes objectifs : il échauffe les corps, les dilatant, changeant quelquefois leur état; il donne naissance à des actions chimiques qui, suivant les circonstances, peuvent être des compositions ou des décompositions; il produit enfin les phénomènes variés, mais semblables au fond, de la phosphorescence et de la fluorescence.

Ces effets, qui sont les seuls qui aient été observés (peut-être en existe-t-il de tout autre nature que nous ne soupçonnons pas, et qui pourront être mis ultérieurement en évidence), ces effets se manifestent aussi par l'action d'un corps en combustion, d'un corps incandescent quelconque.

L'étude de ces phénomènes peut être faite à divers points de vue. On peut d'abord les étudier isolément, recherchant les lois auxquelles ils obéissent, les conditions de leurs productions; on peut se préoccuper de faire connaître

spécialement les effets qu'ils produisent dans les êtres organisés, dans les êtres vivants, et ces effets, pour n'être pas tous encore bien précisés, n'en sont pas moins intéressants.

Enfin, on peut rechercher les causes de ces phénomènes si variés dans leurs manifestations. Convient-il d'admettre, comme on peut être porté à le penser tout d'abord, qu'à chaque nature de phénomène correspond une cause distincte? ou bien ne doit-on pas concevoir qu'une seule et même cause peut les engendrer tous? Cette idée s'impose de plus en plus à mesure qu'étudiant les phénomènes, on voit que, quel que soit le mode de manifestations, ils obéissent aux mêmes lois. Il y a à considérer la réflexion, la réfraction, la polarisation pour les faisceaux lumineux, comme pour les faisceaux calorifiques ou chimiques, etc. Une seule cause, le mouvement vibratoire de ce milieu impondérable, ou plutôt de ce milieu impondéré qu'on appelle l'*éther*, mouvement que tout démontre être l'origine des phénomènes lumineux, produirait également les phénomènes d'autre nature. La diversité des effets, des sensations, ne permet d'ailleurs de rien préjuger sur la diversité ou l'unité des causes; car on ne doit pas oublier que l'effet, la sensation, dépend plus de la nature, de la constitution de l'appareil ou de l'organe dont l'activité est mise en jeu, que de la cause qui agit sur l'organe.

L'étude de ces questions, qui se rattache à ce que l'on désigne maintenant par le mot de *radiations*, cette étude, outre qu'elle fait connaître des phénomènes intéressants, permet donc de donner des idées générales importantes sur les notions premières de la physique et sur la constitution de l'univers. Aussi, chaque fois que nous avons été appelé à la Faculté de médecine à faire un cours complémentaire ou à suppléer le professeur, nous avons consacré plusieurs leçons, huit en moyenne, à l'exposé de ces questions, en insistant d'une manière toute spéciale sur l'influence exercée par les radiations prises en général sur les êtres vivants, les êtres organisés.

C'est dans cet esprit que nous avons composé l'article Radiations du *Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales;* à cause de cela, cet article nous a paru mériter d'être signalé d'une façon spéciale : ce n'est pas une simple compilation.

Appareils de démonstration d'optique élémentaire.

(Association française pour l'avancement des sciences ; *Comptes rendus du Congrès de Lille*, 1874, p. 244, *et de Montpellier*, 1879, p. 423; *Journal de physique*, t. IV, p. 140, et t. IX, p. 340; *la Nature*, 23 octobre 1880; *Cronica cientifica* de Barcelone, 25 mars 1881.)

L'étude de l'optique présente, au point de vue des applications médicales et physiologiques, une importance telle que nous pensons que c'est le point sur lequel on doit le plus insister dans les cours destinés aux étudiants en médecine, d'autant plus qu'il n'existe sur ce sujet aucune incertitude. Il est utile d'insister également à un autre point de vue, car les idées qui sont données dans les cours élémentaires sont peu satisfaisantes : la question est traitée d'une manière trop géométrique, et le fait physique disparaît presque absolument. D'autre part, la nature des études faites à l'École de médecine ne permet pas de présenter les questions en se basant sur des formules même simples. Aussi ai-je cherché, par la construction de divers appareils de démonstration, à faciliter la compréhension des lois de l'optique géométrique, et je crois être arrivé à des dispositions pratiques qui, présentées, d'une part, à la Société française de physique, et, d'autre part, aux divers congrès tenus par l'Association française pour l'avancement des sciences, ont reçu un accueil favorable de personnes compétentes, en même temps que leur emploi dans les cours que j'ai faits à la Faculté de médecine a paru satisfaire les auditoires auxquels ils ont contribué à faire concevoir les faits capitaux de l'optique.

Les appareils que j'ai imaginés et combinés doivent se diviser en deux groupes, suivant qu'ils constituent une représentation schématique des phénomènes ou qu'ils les manifestent d'une manière directe et visible.

APPAREILS SCHÉMATIQUES

Dans ces appareils, les rayons lumineux sont représentés par des réglettes mobiles devant une planchette de dimensions variables : les réglettes sont reliées mécaniquement, de telle sorte qu'elles prennent toujours les unes par

rapport aux autres les positions qui sont indiquées par les formules ou les discussions directes.

Bien que ce système s'applique à la réflexiou, soit qu'il s'agisse de la loi même, soit que l'on s'occupe des applications à des cas divers (miroirs plans, miroirs courbes), nous n'insistons pas sur les modèles qui ont été construits : les résultats sont trop simples pour que ces dispositions soient nécessaires.

Il n'en est pas de même de la réfraction, et la loi fondamentale, la loi de Descartes, n'est pas sans embarrasser les personnes pour lesquelles les fonctions trigonométriques n'ont pas une signification bieu précise. Nous avons fait construire un appareil comprenant deux réglettes réunies par un parallélogramme convenablement articulé, et telles qu'elles correspondent toujours *exactement* aux positions relatives d'un rayon ineident et du rayon réfracté correspondant : la discussion est alors rendue très facile et les conséquences en sont directement visibles.

D'autres tableaux, construits d'après les mêmes principes et également simples dans leur construction, font connaître les résultats de la réfraction sur une surface sphérique séparant deux milieux diversement réfringents. Le principe général de la reversibilité de la marche des rayons lumineux permet d'étudier tous les cas avec un seul appareil.

Enfin, la même disposition a pu servir également à représenter la marche des rayons dans une lentille quelconque : après divers modes de construction, je suis arrivé à un appareil d'une simplicité extrême. J'ai démontré que, à partir des positions occupées par un rayon incident et le rayon émergent correspondant, les déplacements de ces rayons, comptés sur deux plans également éloignés de la lentille, de part et d'autre, sont égaux. De telle sorte qu'il a suffi de relier les deux réglettes représentant ces rayons, par une cordelette de longueur invariable passant sur des poulies convenablement placées pour que les directions de ces réglettes représentassent effectivement les directious du rayon incident et du rayon émergent.

Il importe de remarquer que cette disposition ne s'applique pas seulement au cas des lentilles supposées infiniment minces comme on les considère toujours dans les cours élémentaires, mais qu'elle peut être également employée dans les cas où il importe de tenir compte de l'épaisseur, à la condition que les réglettes mobiles soient fixées respectivement sur les plans *principaux* de la lentille et à la même distauce de l'axe.

Je n'insiste pas sur le fait que la même disposition peut servir aussi bien pour les lentilles divergentes que pour les lentilles convergentes.

DÉMONSTRATION DIRECTE

Les expériences classiques sur les rayons lumineux, les faisceaux, leurs changements de forme ou de direction, etc., se font ordinairement en coupant ces faisceaux par des écrans perpendiculaires à l'axe et notant la forme et les dimensions des sections obtenues. En même temps, dans les explications que l'on donne, les figures faites au tableau représentent, au contraire, des sections longitudinales des faisceaux. Il n'est pas bien difficile, de passer de l'un des modes d'étude des faisceaux à l'autre; cependant, pour un auditoire sensible surtout aux démonstrations ou vérifications expérimentales, il y a là une difficulté qu'il m'a paru bon d'éviter.

Pour y arriver, il suffit d'employer effectivement des sections longitudinales de faisceaux lumineux au lieu des sections transversales : je place un écran de verre dépoli de 1 m. de longueur environ, monté sur un pied de manière à ce qu'il soit à très peu près en coïncidence avec l'axe du faisceau : en réalité, il doit toujours présenter une certaine obliquité, mais elle est assez peu sensible pour ne pas modifier notablement les résultats. On peut montrer ainsi les sections longitudinales des faisceaux telles qu'on les figure au tableau. J'ai fait disposer sur le côté un diaphragme présentant des fentes assez étroites qui divisent le faisceau et donnent sur l'écran de minces bandes lumineuses qui figurent exactement les rayons que l'on trace dans les constructions géométriques.

En plaçant perpendiculairement à cet écran dépoli une surface plane réfléchissante, des surfaces cylindriques concaves ou convexes, des prismes, des lentilles cylindriques, on reproduit *exactement* les figures géométriques des démonstrations correspondant aux miroirs plans ou courbes, aux prismes, aux lentilles.

On peut même, avec plusieurs lentilles cylindriques, reproduire les figures relatives à des instruments d'optiques tels que la loupe et même à des instruments composés, comme le microscope ou la lunette de Galilée, etc.

J'ai adopté une disposition analogue pour vérifier le phénomène simple de la réfraction. Un écran dépoli constitue une des parois d'une cuve demi-cylindrique que l'on remplit d'un liquide, d'eau, par exemple. Le faisceau arrive à peu près parallèlement au verre dépoli qui le coupe et donne une trace lumineuse : en changeant la direction du faisceau incident, on observe tous les cas qui peuvent se présenter dans la réfraction ; la réflexion totale, notamment, conduit à des résultats très nets.

L'ensemble de ces appareils constitue, à ce que je crois, un auxiliaire fort avantageux pour l'étude de l'optique principalement au point de vue de ses applications.

J'ajouterai que dans le cours que j'ai déjà eu l'occasion de faire plusieurs fois comme suppléant à la Faculté de médecine, j'ai apporté une modification que je crois utile et avantageuse. Elle consiste, en principe, à baser l'enseignement et les démonstrations sur la marche non des *rayons* lumineux, mais des *faisceaux* lumineux. Les faisceaux existent, en effet ; il n'en est pas de même des rayons qui correspondent à une idée liée à la théorie de l'*émission*, théorie complètement abandonnée aujourd'hui. Les rayons peuvent utilement servir dans l'étude mathématique de l'optique et alors que l'on peut insister sur ce qu'ils ne sont qu'un moyen permettant d'arriver à des constructions simples et qu'ils ne répondent à rien de réel. Dans l'étude sommaire et incomplète de l'optique, on est trop porté à considérer ces rayons comme ayant une existence réelle et comme représentant la limite vers laquelle tend un faisceau cylindrique qui passe à travers une ouverture pratiquée dans un écran opaque et dont on diminue indéfiniment le diamètre. Il importe pourtant, même pour les applications aux sciences médicales, de savoir que dans ce cas, les phénomènes variés de la diffraction apparaissent et que les faits observés effectivement sont bien loin d'être de nature à faire concevoir l'idée d'un rayon lumineux existant réellement.

Je crois devoir insister sur cette manière de comprendre les phénomènes de l'optique géométrique tels qu'ils existent réellement en rejetant, sinon absolument, au moins au second rang, l'idée des rayons lumineux.

Thérapeutique physique. — Les nouveaux appareils d'électricité médicale.

(*Archives générales de Médecine*, décembre 1875.)

Propriétés générales des corps.

(*Cours complémentaire de la Faculté de Médecine de Paris*, année 1875. — Leçons publiées dans le *Mouvement médical*, 23 janvier, 10 avril 1875. — *Propriétés générales des corps. Actions moléculaires*; Notes prises au cours de physique de la Faculté de Medecine, année 1879-1880, 1 vol. in-4°, 68 p. autographiées.)

Les propriétés générales des corps, les actions moléculaires sont à peine indiquées dans les cours élémentaires de physique : la capillarité seule est étudiée avec quelques détails. Les questions qui se rattachent à cet ordre d'idées ont cependant une extrême importance, surtout au point de vue des applications physiologiques; pour ne pas nous étendre nous signalerons par exemple les phénomènes si variés de l'osmose. Nous avons toujours pensé que ces questions devaient être données avec détail aux étudiants en médecine; aussi, lorsque nous avons été appelé à faire un cours complémentaire à la Faculté en 1875, nous avons choisi ce sujet. Les leçons que nous avions à faire étaient en nombre restreint, 8 seulement; aussi fut-il nécessaire de beaucoup écourter certaines parties du sujet. Ces leçons furent publiées à cette époque, dans le journal *le Mouvement médical.*

Quelques années plus tard, l'organisation du cours de physique était modifié à la Faculté de médecine, et, par exemple, il fut décidé que les leçons dureraient toute l'année et non plus seulement un semestre. Cette modification, importante à bien des points de vue, permettait de développer les sujets utiles en les traitant aussi complètement qu'il est nécessaire. Nous avons été chargé, comme suppléant de M. le Professeur Gavarret, de faire le cours pendant les années 1879-80, 1880-81 et 1881-82, et nous avons consacré chaque fois un temps notable à l'exposé des propriétés moléculaires, 15 leçons chaque année environ. C'est le commencement, c'est la base du cours. Les propriétés générales, les actions moléculaires sont étudiées au point de vue physique d'une part, et, d'autre part, nous signalons toutes les applications physiologiques auxquelles elles donnent lieu; ces questions sont traitées aussi complètement qu'il est possible de le faire sans empiéter sur le domaine du cours de physiologie.

Nous croyons que c'est la première fois que ce sujet a été traité d'une manière aussi complète, en rassemblant les faits si nombreux et si divers qui s'y

rattachent ; nous sommes convaincu de l'utilité de cette sorte d'introduction à l'étude des phénomènes physiques proprement dits.

Des notes assez complètes, prises au cours de **1879-1880**, ont été autographiées et publiées (Savy, éditeur) ; elles donnent une idée nette de l'esprit de ces leçons, mais depuis leur publication, nous avons apporté certaines modifications qu'il n'est pas utile de détailler et nous avons pu compléter quelques questions sur lesquelles de nouveaux faits ont été signalés.

Abaque graphique des lentilles.

(Association française pour l'avancement des sciences; *Compte rendu du Congrès de Clermont-Ferrand*, 1876, p. 140; Société française de Physique, séance du 2 février 1877; *Bulletin*, p. 21.)

La formule classique des lentilles

$$\frac{1}{p}+\frac{1}{p'}=\frac{1}{f},$$

qui donne facilement la position relative des foyers conjugués, ne laisse pas cependant d'être fastidieuse, lorsque l'on a à répéter un certain nombre de fois le même calcul; il y a avantage, surtout lorsqu'il n'est pas nécessaire d'avoir une très grande exactitude, à remplacer la formule et les calculs correspondants par un tableau graphique.

La traduction de la formule en tableau graphique s'obtient immédiatement, mais correspond à l'emploi de courbes hyperboliques. J'ai cherché à simplifier ce résultat, et je suis arrivé à une solution satisfaisante par l'application de la méthode générale dite des *anamorphoses*.

Le tableau que j'ai imaginé ne comprend que des lignes droites réparties en trois séries; dans l'une, les droites sont parallèles; dans chacune des deux autres, ces lignes sont divergentes. Chaque ligne porte un numéro correspondant respectivement aux valeurs de f, de p et de p'. Les valeurs de ces longueurs, qui satisfont à la formule, sont données par les numéros de trois lignes se coupant en un même point.

Plusieurs constructions peuvent conduire à l'emploi des droites; il convient

de choisir celle dans laquelle il y a proportionnalité, afin de pouvoir effectuer les lectures plus rapidement et plus exactement. J'ai indiqué dans les mémoires originaux les considérations qui m'avaient conduit à la disposition que j'ai adoptée et qui, à ce qu'il semble, est réellement pratique.

Mesure des plaques daguerriennes obtenues pendant le passage de Vénus sur le disque du soleil en 1874.

1877 et 1878. (Sous presse.)

Le passage de Vénus sur le disque du soleil est un phénomène astronomique rare : il ne s'était pas produit depuis 1769 jusqu'en 1874; il se présentera de nouveau en 1882, mais ensuite on ne le verra pas avant 2004. Son importance est grande cependant, car il fournit des données capitales sur la parallaxe du soleil, et, par là, sur les dimensions du système solaire.

Plusieurs expéditions ont été envoyées en 1874 pour faire des observations sur les circonstances de ce phénomène. Dans plusieurs d'entre elles, les mesures furent prises directement à l'aide de lunettes ou de télescopes; mais dans certaines stations les diverses phases furent enregistrées directement par les procédés du daguerréotype. Les plaques daguerriennes obtenues en grand nombre furent apportées à Paris et centralisées à l'Institut; des observateurs furent désignés pour mesurer les images avec une grande précision, de manière à déterminer la distance des centres, la somme des diamètres, etc., dans chaque image. Les nombres obtenus seront réduits ultérieurement et, introduits dans des formules, permettront de trouver la parallaxe du soleil et de fixer l'approximation sur laquelle on peut compter.

J'ai été un des observateurs désignés pour effectuer ces mesures qui se faisaient à l'aide d'un microscope, de vis micrométriques et de cercles divisés; il n'y a pas lieu d'insister ici sur les appareils employés ni sur des méthodes qui avaient été discutées d'avance avec beaucoup de soin. Tous les détails se trouvent dans une publication faite sous la direction d'une commission spéciale (commission du passage de Vénus, M. J.-B. Dumas président). Cette publication comprend, dans le fascicule F, le détail des mesures que j'ai effectuées.

Etude du mode d'action du phénakisticope de projection; son emploi dans diverses expériences d'optique.

(*Journal de physique*, t. VI, mars 1877.)

La *persistance des impressions* sur la rétine a été appliquée sous diverses formes dans un grand nombre d'expériences de physique. Sans entrer dans le détail, on reconnaît qu'elle est utilisée à obtenir la *continuité* de sensations produites par des actions intermittentes; suivant le cas, on peut réaliser ainsi la continuité dans le *temps*, la continuité dans l'*espace*, la continuité dans la *forme;* il y aurait même moyen d'avoir également la continuité dans l'*intensité lumineuse*.

Plusieurs appareils différents, par exemple le disque de Newton, le phénakisticope (ou zootrope) et les miroirs tournants qui ont été appliqués dans des circonstances bien diverses sont, en réalité, basés sur le même principe et, convenablement employés, doivent pouvoir donner lieu aux mêmes effets. C'est ce que l'expérience démontre aisément.

En me basant sur cette idée générale, j'ai utilisé le phénakisticope, et plus spécialement le phénakisticope de projection, à répéter un certain nombre d'expériences en les modifiant de manière à les rendre plus faciles à observer et à étudier. En particulier, j'ai cherché à remplacer le miroir tournant par cet appareil, et l'avantage spécial que nous devons signaler consiste en ce que, tandis que le miroir tournant donne des images virtuelles seulement, le phénakisticope permet d'obtenir des images réelles sur un écran. (On pourrait arriver à un résultat analogue d'ailleurs en remplaçant dans le miroir tournant les surfaces planes, réfléchissantes, par des surfaces concaves convenablement choisies.) Cette disposition est beaucoup plus commode, et, particulièrement, peut rendre de grands services dans le cas où les expériences doivent être vues par un auditoire assez nombreux; tout le monde peut alors voir nettement, ce qui n'arrive pas avec le miroir tournant.

Nous avons appliqué ce moyen principalement à l'étude des flammes manométriques, si utiles pour l'étude des phénomènes sonores, et surtout pour le timbre. Dans ce cas, il est bon d'employer un phénakisticope de projection ayant un nombre de lentilles double du nombre ordinaire; l'image est plus

visible. Nous ajouterons que, comme pour le miroir tournant, si la salle où se fait l'expérience est un peu vaste, il est bon de carburer le gaz d'éclairage avant son arrivée dans les capsules manométriques.

Ainsi qu'il est facile de s'en rendre compte, par une construction géométrique simple, les dentelures sont moins irrégulièrement déformées par le phénakisticope de projection que par le miroir tournant, ce qui pour l'étude du timbre, par exemple, peut n'être pas sans intérêt. Si le disque qui porte les lentilles est animé d'un mouvement uniforme de rotation dont la vitesse soit connue, l'examen de l'image réelle obtenue donne le moyen d'effectuer des mesures des nombres de vibrations.

Nous n'insistons pas sur les emplois variés de cette disposition, par exemple pour l'étude de la composition des couleurs, etc.

Hygiène de la vue dans les écoles; discussion.

(Bulletin de la Société de médecine publique et d'hygiène professionnelle, 1877, p. 102.)

La question de l'éclairage des classes d'écoles a été le sujet de plusieurs discussions à la *Société de médecine publique et d'hygiène professionnelle;* nous y avons pris une part assez active, principalement avec M. le Dr Javal, défendant l'éclairage bilatéral qui était vivement attaqué par des membres qui ne pensent pas qu'on doive admettre autre chose que l'éclairage unilatéral. Les raisons sur lesquelles ils s'appuient sont d'un ordre tout particulier : l'éclairage unilatéral serait seul capable de développer le sens plastique.

Nous avons énoncé l'idée formelle qu'il fallait s'attacher surtout à ce qu'il y eût beaucoup de lumière et que, dans les conditions pratiques ordinaires, avec les dimensions données aux classes, il était à craindre que l'éclairage unilatéral, suffisant *en moyenne*, ne fût pas assez puissant pour les parties les plus éloignées des fenêtres. Nous avons même donné une méthode précise pour mesurer *a priori* l'éclairage relatif des divers points d'une salle, et nous avons montré quelle différence plus grande existait dans le cas de l'éclairage unilatéral que dans le cas du bilatéral. Nous avons cherché à prouver que, au point de vue de la connaissance de la forme, l'éclairage bilatéral était sans inconvénient sérieux. Aussi nous paraît-il devoir être préféré tou-

jours, sauf dans les cas exceptionnels où, avec l'éclairage unilatéral, on serait *assuré* d'avoir toujours assez de lumière. Nous ne nions pas qu'il ne soit bon; nous craignons que, dans bien des cas, il ne soit insuffisant.

Travaux scientifiques de L. Foucault.

(1 vol. in-4° de 580 p. avec atlas. Paris, Gauthier-Villars, 1878.)

J'ai été chargé par la mère de L. Foucault de diriger la publication des œuvres de cet éminent savant enlevé trop tôt à la science. Cet ouvrage contient les mémoires déjà connus qu'il nous a été possible de réunir et qui se trouvaient disséminés dans divers recueils dont quelques-uns sont peu faciles à se procurer, ou même épuisés : nous avons seulement évité les doubles emplois, en les signalant cependant. Nous y avons ajouté tous les documents inédits que nous avons pu découvrir dans les papiers de L. Foucault dont nous sommes possesseur.

Nous espérons que cet important ouvrage n'est pas trop imparfait et nous nous sommes efforcé que ce recueil, monument que la mère de Léon Foucault a voulu élever à la mémoire de son fils, ne fût pas indigne de celui-ci.

Œil schématique.

(Association française pour l'avancement des sciences. Compte rendu de Congrès de Montpellier, 1879, p. 425. — Congrès international d'ophthalmologie à Milan, 1880. Compte rendu, p. 258.)

Les résultats satisfaisants auxquels j'étais arrivé dans la représentation schématique de la marche des rayons lumineux dans diverses circonstances, m'ont conduit à chercher à figurer d'une manière analogue les phénomènes divers qui se passent dans l'œil, en mettant en évidence les divers états de l'œil (emmétropie, myopie, hypermétropie) à l'état de repos, ainsi que les résultats produits par l'accommodation.

J'ai adopté pour cette étude la marche simplifiée qui se produirait dans l'œil schématique de Listing ; les différences qui résultent de cette simplification sont négligeables. Le tableau représente une coupe d'œil seulement

dans les parties voisines de l'axe. Deux réglettes mobiles autour d'un même point représentent l'une le rayon incident, l'autre le rayon réfracté tel qu'il est dans l'humeur vitrée : ces deux réglettes sont reliées entre elles par un cordon qui passe sur des poulies à la partie supérieure, les parties verticales sont tendues par des poids, les deux rayons se meuvent toujours conformément aux lois de la réfraction dans ces conditions, mais pour reproduire l'effet de l'accommodation, c'est-à-dire l'augmentation de convergence qui correspond à ce phénomène physiologique, j'ai eu recours à l'artifice suivant : le cordon passe sur un bouton fixé à un bras, ses dimensions sont telles que lorsque le bras est vertical, la réfraction produite correspond à l'état de *non-accommodation* de l'œil. Si l'on incline peu à peu le bras, la puissance convergente augmente, ce qui se vérifie facilement en maintenant immobile le rayon incident et montrant que le rayon réfracté se rapproche de plus en plus de l'axe de l'œil. L'accommodation atteint son maximum d'effet lorsque le bras est horizontal.

La rétine est indiquée en coupe sur une pièce mobile dans une glissière pour étudier les effets produits dans les trois états de l'œil : *emmétropie*, *myopie*, *hypermétropie;* pour la partie moyenne indiquée par un trait noir, l'œil est emmétrope (il faut alors que le rayon incident étant parallèle à l'axe, le rayon réfracté rencontre cet axe sur la rétine). On obtient l'œil myope en éloignant la rétine du cristallin, au delà du trait, et l'hypermétrope en la rapprochant entre le cristallin et le trait.

Discussion graphique de la formule des piles.

(*L'Électricien*, 15 avril — 1 mai 1881. — *Bulletin de la Société française de Physique*, séance du 16 décembre 1881. — Association française pour l'Avancement des Sciences, compte rendu du Congrès d'Alger, 1881.)

Il n'est pas nécessaire de revenir sur l'avantage qu'il peut y avoir à remplacer une formule algébrique par une construction graphique : les résultats sont souvent obtenus avec plus de rapidité et les discussions sautent aux yeux. La formule qui détermine l'intensité d'un courant ne se prête pas directement à ce mode de représentation : elle contient un trop grand nombre de variables indépendantes. J'ai pu cependant appliquer cette méthode par un artifice qui consiste à comparer les effets produits dans les conditions diverses aux effets

que des éléments de même nature en nombre différent donneraient dans des conditions déterminées. Outre qu'une quantité disparaît par la comparaison même (la force électromotrice) la formule, devenue homogène, se prête mieux à la représentation par des courbes.

Ces courbes sont des hyperboles, et, même sans les tracer exactement, elles permettent de se rendre compte très aisément des modifications de grandeur que subit l'intensité du courant quand on prend un certain nombre d'éléments en série, ou en batterie.

Le tracé rigoureux des courbes serait nécessaire, si l'on voulait évaluer numériquement et avec exactitude l'influence de ces dispositions diverses. Mais par l'emploi de la méthode générale de l'anamorphose que j'avais déjà utilisée antérieurement, j'ai pu transformer la construction primitive en une autre qui ne contient plus que des lignes droites et qui, facile à construire, permet d'arriver très rapidement au résultat. J'ai même pu construire un tableau mobile à l'aide duquel ces opérations se font presque instantanément : ce tableau a figuré à l'Exposition internatiopale d'Électricité de 1881 et a été présenté à la Société française de Physique (séance du 16 décembre 1881).

Grâce à l'étude graphique de la même formule appliquée au cas le plus général, j'ai pu arriver à la solution réelle au point de vue pratique du problème suivant :

Étant donné un certain nombre d'éléments, comment faut-il les réunir pour fournir le courant d'intensité maximum dans un circuit donné?

On suppose, pour limiter la question et se placer dans les conditions pratiques, que l'on réunit les éléments en batteries p à p, de manière à former m groupes que l'on associe ensuite en tension.

La détermination de la valeur maxima de la formule générale n'offre aucune difficulté au point de vue mathématique; mais les résultats obtenus n'offrent pas en général un intérêt pratique. Pour satisfaire à cette condition, il faut, eu effet, que m et p soient, non seulement des nombres entiers, mais encore qu'ils soient l'un et l'autre des diviseurs du nombre total n des éléments.

La représentation graphique nous a permis de faire une discussiou complète applicable aux seuls cas réels, et nous a conduit à énoncer la règle suivante, règle générale pour l'application de laquelle il n'y a pas lieu d'avoir recours à la construction qui a conduit aux résultats.

Soient p, p', et p'', trois diviseurs consécutifs du nombre total n des éléments

dont on dispose, tels que les produits pp' et $p'p''$ comprennent entre eux la valeur nx (x étant le rapport de la résistance d'un élément à celle du circuit extérieur), le maximum d'intensité correspondra au cas où l'on groupera les éléments p' à p'.

Ministère de l'instruction publique et des beaux-arts.

(Rapport de la Commission de l'hygiène de la vue, M. le docteur Gariel, rapporteur. Imprimerie nationale, 1881.)

Exposition internationale d'électricité de 1881.

Jury des récompenses, classes 2 (piles), 10 (électricité médicale) et 11 (électro-chimie), M. le docteur Gariel, rapporteur. (Sous presse.)

Traité pratique d'électricité, comprenant les applications aux sciences et à l'industrie. (Sous presse.)

Le premier fascicule de cet ouvrage est seul paru; il comprend un résumé complet de toutes les notions qu'il est indispensable de posséder pour appliquer l'électricité sous une forme quelconque.

Nous croyons pouvoir signaler l'introduction des idées nouvelles qui tendent à modifier cette partie de la science, tout en évitant autant que possible l'emploi des mathématiques, qui souvent masquent le phénomène physique. Il va sans dire que les unités adoptées par le Congrès international des électriciens sont indiquées et exclusivement employées.

Enfin nous avons fait usage de la théorie de Franklin, légèrement modifiée. L'hypothèse d'un seul fluide suffit dans tous les cas, et en réalité elle est déjà employée dans l'électricité dynamique; il nous a paru qu'il y avait avantage à en généraliser l'application.

PUBLICATIONS DIVERSES

Nous ajouterons que nous avons collaboré à un certain nombre de publications scientifiques, parmi lesquelles nous citerons, sans insister :

L'*Annuaire scientifique*, de Dehérain; la *Nature*, la *Gazette hebdomadaire de médecine et de chirurgie*, le *Journal de physique*, la *Revue scientifique*, etc.

Nous signalerons plus spécialement : le *Dictionnaire encyclopédique des sciences médicales*, pour lequel nous avons fait un assez grand nombre d'articles de physique; parmi ceux-ci nous citerons particulièrement : *Cautérisation galvanique*, *Couleur*, *Densité*, *Froid*, *Galvanisme*, *Optique physique*, *Radiations*, *Spectroscopie*, *État sphéroïdal*, *Statique*, etc.;

Et l'*Électricien* où, comme membre du comité de rédaction, nous avons fait paraître un assez grand nombre d'articles, parmi lesquels nous citerons : *Effets des courants continus sur les opacités du corps vitré; —* l'*Éclairage électrique et l'hygiène de la vue; — Application de l'électro-puncture au traitement d'un exophthalmos pulsatile de l'orbite; — Introduction à l'électrothérapie; Notions générales sur les piles et les courants*, etc.

PARIS. — IMPRIMERIE EMILE MARTINET, RUE MIGNON, 2